

Relatório de progresso

Este documento pretende descrever o trabalho desenvolvido nas várias etapas do projecto, realizado no âmbito da disciplina de Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores.

I - Pesquisa bibliográfica e avaliação do estado da arte

Para apoiar o desenvolvimento da dissertação, foram revistos conceitos fundamentais de transformadores em alguns livros de estudo de máquinas eléctricas. Foram também analisadas as partes da norma IEC 60076 “Power Transformers” mais relevantes para este estudo.

Para avaliar o estado da arte, foram pesquisadas e analisadas as normas IEC e IEEE no domínio do diagnóstico e manutenção de transformadores imersos em óleo. Foram também analisadas publicações da CIGRE, organização que tem dado destaque ao tema da gestão do ciclo de vida de transformadores de potência, através da sua definição como tema preferencial nas suas conferências internacionais e pela publicação de diversas brochuras técnicas nesta área.

Foram também estudados diversos artigos técnico-científicos, desenvolvidos por fabricantes, laboratórios, universidades e empresas do sector eléctrico, abordando temas como envelhecimento, manutenção, fiabilidade, monitorização, gestão do ciclo de vida, componentes e acessórios de transformadores de potência, bem como casos de estudo ilustrativos das técnicas descritas.

Diversos documentos internos da REN, no âmbito do planeamento, especificação, projecto, construção e exploração de transformadores de potência foram revistos e analisados de modo a estabelecer um sumário das práticas e resultados verificados na empresa:

- Relatórios e procedimentos de manutenção, inspecção e ensaios;
- Dossiês técnicos (manuais, notícias, desenhos, esquemas);
- Relatórios de qualidade de serviço;
- Informações da Divisão de Planeamento de Rede;
- Informações da Divisão de Equipamento (projecto e construção);
- Especificações técnicas.

II - Recolha e estruturação da informação técnica relevante

Foram recolhidos elementos desenvolvidos em diversas Divisões da REN, nomeadamente Planeamento e Exploração, e organizados em bases de dados que permitam a agregação de informação relevante. Destacam-se as seguintes tarefas relacionadas com este ponto:

- Organização de base de dados de todos os transformadores de potência que se encontram em serviço na RNT, bem como informação histórica relativa a unidades desclassificadas. Esta organização permite uma completa caracterização do parque de transformadores e análise das características técnicas essenciais.
- Compilação de lista de utilização de cada transformador da RNT, que permite ainda o controlo das datas de entradas e saídas de serviço, bem como das transferências entre diferentes locais de instalação. Foram também rastreados os transformadores que já não se encontram em serviço (desclassificados) para uma eventual análise dos motivos que determinaram o seu fim de vida útil.

- Recolha e estruturação de bases de dados com todos os resultados disponíveis de parâmetros de monitorização dos transformadores, baseados em análises ao óleo isolante. Desenvolvimento de meios de análise gráfica da evolução das características de controlo e análise estatística da população, baseados em ferramentas Excel.
- Determinação de um índice de utilização estatístico para os transformadores de potência, com base na análise das cargas verificadas e na metodologia de distribuição de frequências adoptada pela Divisão de Planeamento.
- Organização de dossiês técnicos de transformadores e do seu arquivo em suporte informático, incluindo informações de fabrico, manuais, relatórios de ensaios, materiais, desenhos, esquemas e fotos.
- Análise do desempenho de transformadores da RNT através dos indicadores dos Relatórios de Qualidade de Serviço e análise individual de falhas com dados do sistema de gestão da manutenção.

III - Estruturação e estabelecimento de conclusões / recomendações / procedimentos

Relativamente a esta etapa, que deverá ser devidamente enquadrada no relatório final, podem-se expor alguns resultados em termos de resposta às perguntas definidas nos objectivos deste projecto.

Qual o risco de operação (em determinadas condições de exploração)?

- Determinação de índices de criticidade para cada transformador, em função do factor de utilização, reserva disponível e importância para a rede.
- Melhoria do conhecimento das consequências da exploração em sobrecarga no envelhecimento do transformador, com base nos modelos publicados em normas, e tendo em conta o efeito da oxidação e da humidade na aceleração do processo.
- Probabilidade de ser sujeito a esforços electrodinâmicos, através da recolha de dados de incidentes que envolvam a solicitação do transformador.

Que nível de manutenção adoptar e quais os processos mais adequados?

- Revisão dos processos de manutenção preventiva de transformadores de potência, com introdução de novos registos e ensaios e novos equipamentos de medição, que permitem alargar o espectro do diagnóstico realizado.
- Medição resistência de enrolamento de regulação em todas as tomadas, incluindo a resistência dinâmica para avaliar contactos de passagem. Utilização de novos meios de medição e registo (mala de ensaios), também estendida ao ensaio de relação de transformação.
- Promoção de formação técnica das equipas de manutenção sobre reguladores em carga em centro de formação do fabricante desses equipamentos, considerados críticos para o desempenho do transformador.
- Ensaios e verificação das protecções próprias e dispositivos de monitorização e medição (termómetros). Melhoria da eficiência do processo através da utilização de equipamentos calibradores de temperatura em substituição do processo tradicional (em desenvolvimento).
- Racionalização do programa de ensaios aos óleos isolantes de transformadores.

- Definição de estratégia e procedimentos para resposta a situações inesperadas: como exemplo, refere-se a necessidade de implementar processo de passivação do óleo isolante potencialmente corrosivo.
- Pesquisa e proposta de novas técnicas de manutenção do óleo isolante alternativas à sua substituição.

***Em que máquinas são viáveis operações de prolongamento da vida útil?
Como determinar o momento óptimo para substituição do transformador (fim de vida útil)?***

- Caracterização do tempo de vida útil esperado de acordo com os parâmetros indirectos de determinação do envelhecimento do papel isolante, baseada nos modelos de correlação e casos de estudo conhecidos e publicados na literatura internacional, e na experiência acumulada com os ensaios realizados a amostras de papel isolante em transformadores REN. Trata-se de processo em constante evolução com o aumento do número de casos conhecidos e experiências laboratoriais divulgadas.
- Definir limites de envelhecimento admissível para a utilização prevista.
- Análise de resultados e da evolução verificada em transformadores já sujeitos a acções de recondição para prolongamento da vida útil.
- Introdução experimental de novo tipo de ensaio “Dielectric Frequency Response” para avaliação do estado dos isolantes sólidos do transformador (humidade) – já realizado, em fase de avaliação de viabilidade. A experiência realizada permitiu rever a recomendação de “secagem de enrolamentos” que existia para a unidade ensaiada.
- Integração das definições do planeamento de rede e das suas implicações no destino previsto: transferência, substituição, desclassificação, prolongamento de vida útil.

Que critérios de especificação técnica de novos transformadores devem ser revistos com base na experiência da exploração?

- Recomendações sobre tipo de óleo isolante a adoptar, baseadas no acompanhamento da evolução do estado do óleo isolante, por tipo, e na necessidade de adequação a novas exigências normativas, tais como, por exemplo, a revisão do ensaio de enxofre corrosivo segundo norma IEC 62535.
- Definição de conjunto de ensaios que deverão constituir uma primeira “impressão digital” do transformador.
- Especificação da preparação de interfaces no transformador adequados para a futura integração de sistemas de monitorização e manutenção on-line (válvulas, bolsas, sondas, réguas de bornes).
- Definição das características dos acessórios, especialmente dos dispositivos de protecção própria do transformador, de modo a garantir o correcto funcionamento e máxima robustez.

IV - Edição e actualização da Página WEB do Projecto.

Actualizada e publicada no endereço: <http://paginas.fe.up.pt/~ee07008>.

V - Início da escrita do Relatório Final da Dissertação.

Objectivo: Entrega da versão provisória até 27 de Junho de 2011, de acordo com as regras da disciplina.

VI - Notas finais

A oportunidade criada com o desenvolvimento desta dissertação para aprofundar alguns aspectos da gestão do ciclo de vida de transformadores, com especial destaque para a manutenção, permitiu motivar e desenvolver as seguintes actividades inovadoras:

- Participação em estudo sobre o fim de vida útil de um transformador de potência, em parceria com laboratório de análises de materiais isolantes encarregue da sua monitorização e o fabricante do equipamento. O estudo originou o documento “Power Transformer end of Life Assessment – Pracana Case Study”, apresentado na conferência “Advanced Research Workshop on transformers” (ARWtr 2010), em Outubro de 2010.
- Cooperação com fabricante de transformadores em estudos de fiabilidade, com especial destaque para a análise estatística de gases dissolvidos no óleo isolante. O trabalho realizado no âmbito deste projecto, de preparação e estruturação de bases de dados com todos os resultados de análises ao óleo isolante permitiu elaborar histogramas e gráficos de evolução de acordo com o grupo de análise pretendido (fabricante, idade, tipo, etc.).

2011.05.31
Mário Soares